

การศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี A STUDY OF BIOMASS POTENTIAL FROM AGRICULTURAL WASTE IN CHONBURI PROVINCE

นิชาภา รัศมี*, จิรวัดน์ สิตรานนท์, กมลวรรณ จิตรจักร, ศรีมา แจ้คำ

Nichapha Ratsamee*, Jirawat Sitranon, Kamonwan Jitjuk, Sririma Jakhom

สำนักวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ประเทศไทย 201102

School of Engineering and Innovation, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,

Sriracha, Chonburi, Thailand, 2110

*Corresponding author e-mail: nichapha.rusme@gmail.com

วันที่เข้ารับ 25 มกราคม 2566

วันที่แก้ไขบทความ 18 มีนาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ 21 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณและศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 11 อำเภอ ซึ่งผู้วิจัยได้ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการได้มาของข้อมูลการสำรวจและปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิด โดยเลือกพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกสูงสุด 5 ชนิดแรกในแต่ละอำเภอ จากสัมภาษณ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลเกษตรกรรายใหญ่จำนวน 30 คนต่อชนิดพืช การลงพื้นที่สำรวจเพิ่มเติมจะดำเนินการโดยการเข้าร่วมการจัดประชุมของเกษตรกรอำเภอและเกษตรกรจังหวัดที่ได้มีการจัดขึ้น พบว่า เมื่อจำแนกปริมาณส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรสูงสุด 10 อันดับ จะพบชีวมวลที่มีปริมาณเหลือทิ้งสูงสุดคือ ยอดและใบอ้อย และ ชีวมวลที่มีปริมาณเหลือทิ้งอันดับสุดท้ายคือกลามะพร้าว จะเห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรไม่เท่ากัน ซึ่งการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนต่ำ พบว่าค่าความชื้นของชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรถือเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการแปลงชีวมวลเป็นพลังงานความร้อน เมื่อชีวมวลใดมีค่าความชื้นมากยิ่งทำให้ชีวมวลนั้นมีค่าความร้อนต่ำ ดังนั้นความชื้นเริ่มต้นของชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกชนิดของชีวมวลกลับมาใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าจังหวัดชลบุรีมีส่วนการใช้พื้นที่เพาะปลูกยางพารามากที่สุด ทำให้มีชีวมวลเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมากตามไปด้วย ทั้งนี้ค่าความร้อนของใบยางพาราให้ค่าความร้อนสูงถึง 4,310 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และกิ่งก้านยางพารา ให้ค่าความร้อนสูงถึง 3,910 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ดังนั้นการนำชีวมวลจากยางพารามาใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนจึงเป็นแนวทางด้านการบริหารจัดการพลังงานภายในจังหวัดชลบุรี

คำสำคัญ: ชีวมวล, พลังงานชีวมวล, พืชเศรษฐกิจ, ส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตร

Abstract

The objective of this study is to survey the amount and the potential of agricultural biomass waste in Chonburi province, including all 11 districts, by coordinating with concerned agricultural sectors in order to collect the survey and the amount of each type of agricultural biomass waste and by selecting the five most planted cash crops in each district based on interviewing and exchanging the information from 30 large-scale agricultures per each plant type. According to the additional field survey by attending district and provincial agricultural conventions, the most agricultural biomass waste is ranked into 10 types. The first is tips and leaves of sugarcane and the last is coconut shells. It reveals that the amounts of agricultural biomass waste of each type differ. As lower heating value (LHV) analysis, it was found that the moisture value of agricultural biomass waste is one of the properties affecting the process of converting biomass into heat energy. When the moisture of biomass is higher, its heating value is lower. Therefore, the initial moisture of agricultural biomass waste is the main factor in selecting a type of the biomass waste for reuse purpose. Since the plantation proposition of rubber trees is the largest area in Chonburi, the waste from plantation increases accordingly. Moreover, the heating value of rubber leaves is up to 4,310 Kcal per Kg and the heating value of rubber branches is up to 3,910 Kcal per Kg. Consequently, reusing the biomass waste from rubber for heating value is a process for managing energy internally in Chonburi.

Keywords: Biomass, Biomass energy, Industrial drop, Agricultural waste

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรหลากหลายชนิด ซึ่งมีพื้นที่ทางการเกษตรในประเทศไทยรวม 149.25 ล้านไร่ (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, มปป.) การกระจายเชิงพื้นที่และความผันแปรตามฤดูกาลของชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรและศักยภาพพลังงาน (Pattaraanong *et al.*, 2020) มีชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แปรผันโดยตรงกับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศเป็นจำนวนมาก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในฐานะที่เป็นองค์กรหลักด้านกิจการไฟฟ้า ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการรักษาสมดุลของแหล่งพลังงาน โดยเฉพาะการกระจายการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าให้เหมาะสมและยั่งยืน เช่นเดียวกับตำบลห้วยสูงมีความเป็นไปได้สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้า

ในพื้นที่มีการศึกษาศักยภาพชีวมวลพบเชื้อเพลิงแข็งจากยอดและใบอ้อย ฟางข้าวและตอซังข้าว ปริมาณ 40,486.65 ตัน (ภัทราน และคณะ, 2558) ด้วยเหตุนี้พลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ไม่หมด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติรอบ ๆ ไม่ว่าจะเป็น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ความร้อนใต้พิภพ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้หลายรูปแบบ เช่น การเผาไหม้ในเตาเผาชีวมวลระบบหัวเผา (วัชรกร และมนตรี, 2561) ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง (วิจิตยา และคณะ, 2561) การผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียอินทรีย์จากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม (นพดล และคณะ, 2563) การผลิตเอทานอลจากการหมักน้ำอ้อย (อาทิตยา และคณะ, 2563) ไบโอดีเซล พลังงานจากน้ำมันพืชใช้แล้ว (นิติพงศ์ และคณะ, ม.ป.ป.) และ การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ภายใต้คลื่นไมโครเวฟ (ดิณณภพ และคณะ, 2561) เป็นต้น

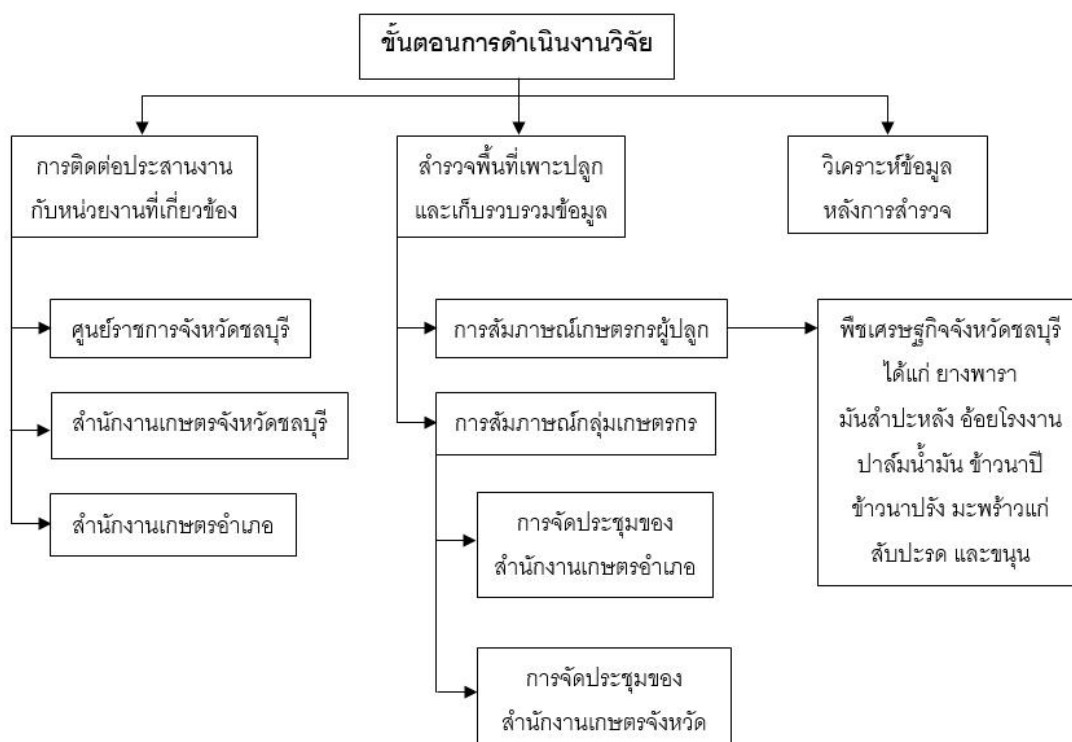
เมื่อมองถึงศักยภาพการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทยในภาพรวมพบว่ามีผลผลิตต่ำกว่ามาเลเซียและอินโดนีเซีย สาเหตุหลักคือ เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในพืชนี้ (ธีระพงศ์, 2555) ในขณะเดียวกัน มันสำปะหลังนับเป็น 1 ในพืชไร่ที่สำคัญในจังหวัดชลบุรีที่ให้ผลผลิตรวมทั้งปี 640,143 ตัน จะเห็นได้ว่าเป็นพืชที่สามารถสร้างรายได้มูลค่ารวมมากกว่า 960,214,500 บาท (สำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี, 2561) สำหรับอ้อยนั้น จำเป็นต้องพัฒนาอีกมาก ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ จากสาเหตุหลักหลายประการ เช่น พื้นที่เพาะปลูก พันธุ์อ้อย ความอ่อนแอต่อศัตรูอ้อย และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาศักยภาพชีวมวลโดยศึกษาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของชีวมวลในประเทศไทย ศึกษาชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร และ สมบัติของการเป็นเชื้อเพลิงความร้อนของวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งแต่ละชนิดในจังหวัดชลบุรีเพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมและความพร้อมของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในจังหวัดชลบุรีแต่ละพื้นที่ในการนำมาเป็นพลังงานทดแทนเพื่อศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการส่งเสริมให้มีการใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อสำรวจปริมาณและศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี

3. วิธีดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีเพื่อสำรวจปริมาณและศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 11 อำเภอ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจและศึกษาชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ดังนี้

3.1 การติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ศูนย์ราชการจังหวัดชลบุรี

ติดต่อเพื่อยื่นหนังสือขออนุญาตเข้าพื้นที่จังหวัดชลบุรี สำหรับการสำรวจและแจ้งส่งเรื่องไปยังสำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี ณ ศูนย์ราชการจังหวัดชลบุรี

3.1.2 สำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี

ติดต่อเพื่อแจ้งขอความอนุเคราะห์จากเกษตรจังหวัดชลบุรีเพื่อแจ้งเรื่องประสานงานไปยังสำนักงานเกษตรอำเภอทั้ง 11 อำเภอ และขอรับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจระดับจังหวัดชลบุรี ประจำปี 2563/2564 ที่มีการสำรวจและเก็บบันทึกไว้แล้วในเบื้องต้น

3.1.3 สำนักงานเกษตรอำเภอ ทั้ง 11 อำเภอ

ติดต่อเพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลการติดต่อรายชื่อกลุ่มเกษตรกรรายใหญ่ผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจจังหวัดชลบุรีและรับคำแนะนำการลงพื้นที่สำรวจจากสำนักงานเกษตรทุกอำเภอ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และวางแผนการลงพื้นที่สำรวจเพิ่มเติม

3.2 การสำรวจพื้นที่เพาะปลูก และเก็บรวบรวมข้อมูล

จากที่ได้สำรวจข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและเก็บข้อมูลพืชเศรษฐกิจในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 11 อำเภอ เพื่อหาปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิดจากการโทรสัมภาษณ์ สอบถาม และสัมภาษณ์เกษตรกร โดยคัดเลือกชนิดพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกสูงสุด 5 อันดับแรกในแต่ละอำเภอ จากนั้นสอบถามและสัมภาษณ์เกษตรกรรายใหญ่จำนวน 30 คนในแต่ละชนิดพืช เพื่อเก็บข้อมูลการสำรวจและทำการนัดหมายทางโทรศัพท์ เพื่อเข้าเก็บข้อมูลพืชเศรษฐกิจในแต่ละชนิดพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจรายใหญ่ทั้ง 11 อำเภอ สำหรับการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรเพิ่มเติมจะดำเนินการโดยการเข้าร่วมการจัดประชุมของเกษตรกรอำเภอและเกษตรกรจังหวัดที่ได้มีการจัดขึ้น ซึ่งเป็นการประชุมกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดเพื่อขอสัมภาษณ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลจากเกษตรกร ดังนี้

3.2.1 การสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูก ยางพารา มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ปาล์มน้ำมัน ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มะพร้าวแกง สับปะรด และขนุน

3.2.2 การสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร

3.2.2.1 การจัดประชุมของสำนักงานเกษตรจังหวัด

3.2.2.2 การจัดประชุมของสำนักงานเกษตรอำเภอ

จากการเข้าร่วมการจัดประชุมของสำนักงานเกษตรอำเภอและสำนักงานเกษตรจังหวัดที่ได้มีการจัดขึ้น เป็นการประชุมกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกร เพื่อหาชนิด ประเภท และปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่มีการสำรวจและเก็บบันทึกไว้แล้วในเบื้องต้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากการสำรวจ

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลหลังจากการสำรวจจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่สำรวจ และจากที่ได้ทำการชั่งน้ำหนักและทำการเก็บตัวอย่างชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรที่ได้ลงพื้นที่และการสัมภาษณ์เกษตรกรรายใหญ่ผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อสรุปผลการสำรวจชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี สำหรับนำไปศึกษาเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ หรือการนำไปประยุกต์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนทางด้านพลังงานในลำดับต่อไป

4. ผลการวิจัย

การศึกษานี้จะทำการศึกษาปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี เพื่อสำรวจปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกของจังหวัดชลบุรี โดยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

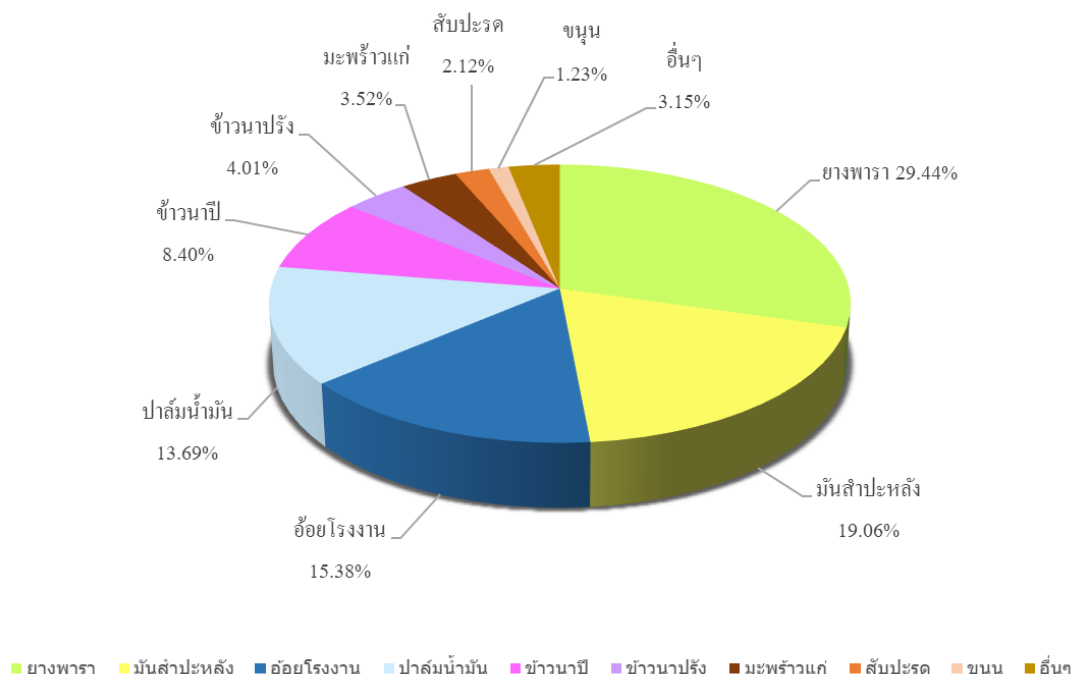
4.1 พื้นที่การเกษตร

จากการเลือกพืชเศรษฐกิจจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เกี่ยวเกี่ยว ปริมาณผลผลิต ของพืชเศรษฐกิจที่มีการสำรวจและเก็บบันทึกไว้แล้วในเบื้องต้นจากการจำแนกกลุ่มเกษตรกรภายใต้เงื่อนไขด้านพื้นที่เพาะปลูกสูงสุด 5 อันดับแต่ละอำเภอ พบว่า อำเภอเมืองปลุกมันสำปะหลัง 1,377 ไร่ ข้าวนาปี 871 ไร่ มะพร้าวแก่ 825 ไร่ อ้อยโรงงาน 199 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 105 ไร่ อำเภอบ้านบึง ปลูกอ้อยโรงงาน 75,596 ไร่ มันสำปะหลัง 23,894 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 15,723 ไร่ ยางพารา 12,920 ไร่ ข้าวนาปี 6,998 ไร่ อำเภอบางละมุงปลุกมันสำปะหลัง 34,609 ไร่ มะพร้าวแก่ 15,037 ไร่ ยางพารา 8,453 ไร่ สับปะรด 4,376 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 3,122 ไร่ อำเภอพนัสนิคม ปลูกข้าวนาปี 45,470 ไร่ มันสำปะหลัง 28,396 ไร่ ข้าวนาปรัง 28,204 ไร่ ยางพารา 3,645 ไร่ ขนุน 2,954 ไร่ อำเภอพานทอง ปลูกข้าวนาปี 5,300 ไร่ ข้าวนาปรัง 2,108 ไร่ อ้อยโรงงาน 1,311 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 309 ไร่ มะพร้าวแก่ 49 ไร่ อำเภอศรีราชา ปลูกมันสำปะหลัง 18,521 ไร่ มะพร้าวแก่ 9,136 ไร่ ยางพารา 6,091 ไร่ สับปะรด 3,906 ไร่ ขนุน 1,707 ไร่ อำเภอสัตหีบปลูกมันสำปะหลัง 8,301 ไร่ ขนุน 910 ไร่ ยางพารา 784 ไร่ มะพร้าวแก่ 466 ไร่ สับปะรด 171 ไร่ อำเภอบ่อทอง ปลูกยางพารา 120,868 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 35,637 ไร่ อ้อยโรงงาน 29,614 ไร่ มันสำปะหลัง 13,121 ไร่ ข้าวนาปี 2,396 ไร่ อำเภอหนองใหญ่ ปลูกยางพารา 66,513 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 45,526 ไร่ มันสำปะหลัง 15,559 ไร่ อ้อยโรงงาน 11,702 ไร่ สับปะรด 3,423 ไร่ อำเภอเกาะจันทร์ปลูกยางพารา 17,042 ไร่ มันสำปะหลัง 9,204 ไร่ ปาล์มน้ำมัน 5,415 ไร่ ข้าวนาปี 4,610 ไร่ อ้อยโรงงาน 2,109 ไร่ ในขณะที่อำเภอเกาะสีชัง ไม่มีการเกษตรพืชเศรษฐกิจเนื่องจากปัญหาขาดแคลนน้ำจืดและเกษตรกรทำการเกษตรเพาะปลูกเพียงพืชผักสวนครัวเท่านั้น กล่าวได้ว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของจังหวัดชลบุรีมีเพียง 10 อำเภอ และมีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเพียง 9 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการใช้พื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 9 ชนิด ระดับจังหวัดชลบุรี ปี 2563/2564

อำเภอ/ กิ่งอำเภอ	ยางพารา (ไร่)	มัน สำปะหลัง (ไร่)	อ้อย โรงงาน (ไร่)	ปาล์ม น้ำมัน (ไร่)	ข้าวนาปี (ไร่)	ข้าวนา ปรัง (ไร่)	มะพร้าว แก่ (ไร่)	สับปะรด (ไร่)	ขนุน (ไร่)	อื่นๆ (ไร่)
เมือง	31	1,377	199	105	871	-	825	-	51	1,826
บ้านบึง	12,920	23,894	75,596	15,723	6,998	474	2,048	2,433	455	3,226
พนัสนิคม	3,645	28,396	1,957	2,912	45,470	28,204	286	-	2,954	2,087
ศรีราชา	6,091	18,521	990	1,127	456	242	9,136	3,906	1,707	483
พานทอง	-	36	1,311	309	5,300	2,108	49	-	-	340
เกาะสีชัง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
บางละมุง	8,453	34,609	-	3,122	943	108	15,037	4,376	413	863
เกาะจันทร์	17,042	9,204	2,109	5,415	4,610	1,038	309	543	1,132	2,414
หนองใหญ่	66,513	15,559	11,702	45,526	384	-	93	3,423	986	1,128
บ่อทอง	120,868	13,121	29,614	35,637	2,396	-	51	2,177	1,279	12,624
สัตหีบ	784	8,301	-	26	16	-	466	171	910	334
รวมพื้นที่ เพาะปลูก	236,347	153,018	123,478	109,902	67,444	32,174	28,300	17,029	9,887	25,325

4.2 ศักยภาพด้านการเกษตรของจังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 2 สัดส่วนการใช้พื้นที่เพาะปลูกด้านการเกษตรของแต่ละชนิดพืช
ในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีประจำปี 2563/2564

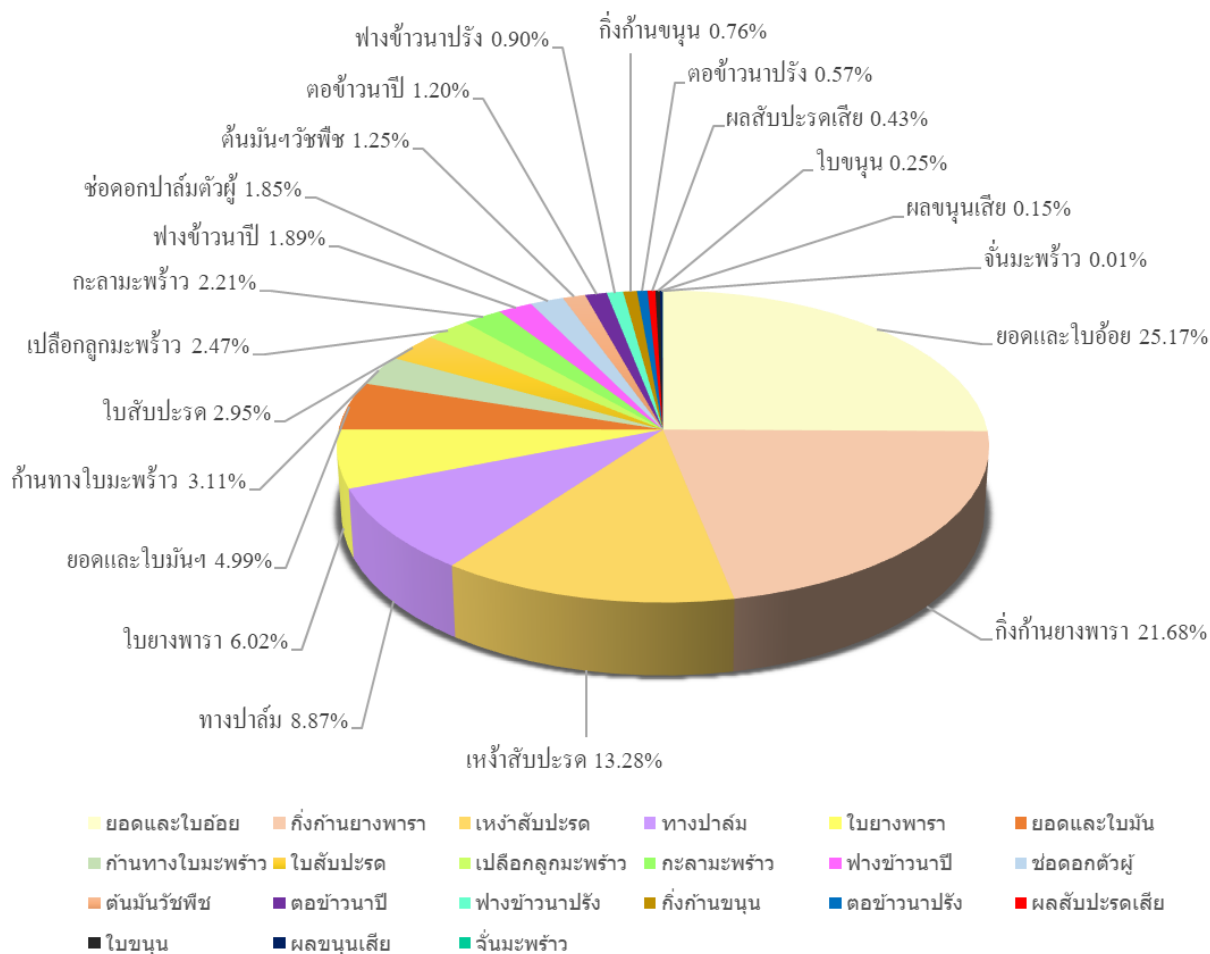
ซึ่งสัดส่วนการใช้พื้นที่เพาะปลูกด้านการเกษตรของแต่ละชนิดพืชในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี แสดงในภาพที่ 2 พบว่าจังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ทั้งสิ้น 2,882,393.125 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.90 ของพื้นที่ประเทศไทย (พื้นที่ของประเทศไทยประมาณ 320,696,875 ไร่) และมีการใช้พื้นที่ด้านเกษตรกรรม 802,904.188 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 27.86 ของพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 11 อำเภอ มีการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 9 ชนิด ดังต่อไปนี้ ยางพารา มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 236,347 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.44 มัณฑะแพะ มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 153,018 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.06 อ้อยโรงงาน มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 123,478.40 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.38 ปาล์มน้ำมัน มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 109,902 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.69 ข้าวนาปี มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 67,444 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.4 ข้าวนาปรัง มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 32,174 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.01 มะพร้าว แก้ว มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 28,300 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.52 สับปะรด มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 17,029 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.12 ขนุน มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 9,887 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.23 ในขณะที่มีการเพาะปลูกพืชชนิดอื่นๆ 25,324.79 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.15 ของการใช้พื้นที่ด้านการเกษตรของจังหวัดชลบุรีในปี 2563/2564

4.3 ศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี

จากการประสานงานกับสำนักงานเกษตรอำเภอและสำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี เพื่อลงพื้นที่สำรวจเพิ่มเติมโดยการจัดประชุม เข้าร่วมการประชุมที่เกษตรอำเภอหรือเกษตรจังหวัดได้มีการจัดขึ้น ซึ่งเป็นการประชุมกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด เพื่อขอสัมภาษณ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลจากเกษตรกร รวมถึงการโทรศัพท์สัมภาษณ์ และขอนัดสำรวจเข้าเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจทางโทรศัพท์เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิต ของพืชเศรษฐกิจที่มีการสำรวจและเก็บบันทึกไว้แล้วในเบื้องต้นและทำการขอเก็บตัวอย่างชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาซึ่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณ ชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีแสดงในภาพที่ 2

ข้อมูลชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรนี้ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดชลบุรี แสดงในภาพที่ 3 พบว่าขนาดหรือจำนวนพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปพืชเศรษฐกิจไม่ได้มีผลต่อปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่อย่างใด ซึ่งจากการสำรวจ พบว่ายางพาราคือพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี แต่พืชที่ให้ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและคงเหลือชีวมวลเหลือทิ้งที่มากที่สุดคือ การทำไร่อ้อย โดยให้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 1,237,402.85 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 52.61 ของปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ในพื้นที่เพาะปลูกรวม 123,478.40 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ และคงเหลือยอดและใบอ้อย ในปริมาณ 493,912 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 25.17 ซึ่งเป็นสัดส่วนชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทเดียวที่เหลือทิ้งจากการทำไร่อ้อย ซึ่งอดีตเกษตรกรจะเก็บส่วนใบอ้อยไปขายหรือเป็นอาหารสัตว์ แต่ในปัจจุบัน กำจัดโดยการเผาทั้งภายในไร่ แต่ในขณะเดียวกันพื้นที่เพาะปลูก

สวนยางพารามีมากถึง 236,347 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.44 ของสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจใน จังหวัดชลบุรีกลับมีปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งจากส่วนใบยางพารา 118,173.5 ตันต่อปี คิดเป็นอัตรา ร้อยละ 6.02 ของส่วนเหลือทิ้งจากใบที่ตกบริเวณลำต้น และกิ่งก้านยางพาราคงเหลือในปริมาณ 425,424.6 ตันต่อปี คิดเป็นอัตราร้อยละ 21.68 ของสัดส่วนชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้จาก การตัดแต่งกิ่งก้าน โดยส่วนมากจะปล่อยทิ้งไว้เพื่อการย่อยสลายเป็นปุ๋ยบำรุงดิน ซึ่งถัดจากการ เพาะปลูกยางพาราคือการปลูกมันสำปะหลัง มีขนาดพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 153,018 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 19.06 ของพื้นที่เพาะปลูก และมีผลผลิตรวม 586,686.31 ตันต่อปี คิดเป็นอัตราร้อยละ 24.95 ของปริมาณผลผลิตทางการเกษตร นับเป็นปริมาณผลผลิตอันดับสองรองจากการเพาะปลูก อ้อยโรงงาน ซึ่งตามหลักวิชาการ มันสำปะหลังจะปลูกไร่ละประมาณ 1,600 ต้น เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวจะคงเหลือส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรคือส่วนของยอดและใบมันสำปะหลังประมาณ 97,931.52 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.99 และต้นมันวัชพืช 24,482.88 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 1.25 ซึ่งยังไม่มี การนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรและผู้เชี่ยวชาญเข้ามาให้ความรู้หรือแนะนำและ การจัดการนำไปใช้ จึงปล่อยทิ้งไว้เป็นปุ๋ยหมักภายในไร่ ซึ่งในขณะที่การทำสวนปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ เพาะปลูกรวม 109,902 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.69 ของเขตพื้นที่เพาะปลูก และมีผลผลิตรวม 291,676.11 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 12.40 ซึ่งเป็นผลผลิตอันดับสามรองจากการทำไร่มันสำปะหลัง โดยมีทางปาล์มเหลือทิ้งประมาณ 174,084.77 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 8.87 ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรจะ ปล่อยทิ้งไว้ตามบริเวณโดยรอบต้นเพื่อคลุมหญ้าวัชพืช และปล่อยย่อยสลายเป็นปุ๋ย หรือเมื่อแห้ง เกษตรกรบางรายจะรวมเป็นกองภายในสวน และทำการเผาทิ้ง ส่วนช่อดอกตัวผู้ที่ร่วงจากลำต้นมี ประมาณ 36,267.66 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 1.85 ของส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรจากการทำสวน ปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีปริมาณ 67,444 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.40 ของ พื้นที่ปลูกข้าว ให้ผลผลิตรวม 31,117.08 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 1.32 คงเหลือชีวมวลเหลือทิ้งทาง การเกษตรในส่วนของฟางข้าวนาปีในปริมาณ 37,094.20 ตันต่อปีคิดเป็นร้อยละ 1.89 และตอข้าว 23,605.4 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 1.20 ซึ่งอยู่ในลำดับที่ 11 และ 14 ตามลำดับจากส่วนเหลือทิ้งทาง การเกษตร ในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 21 รายการ

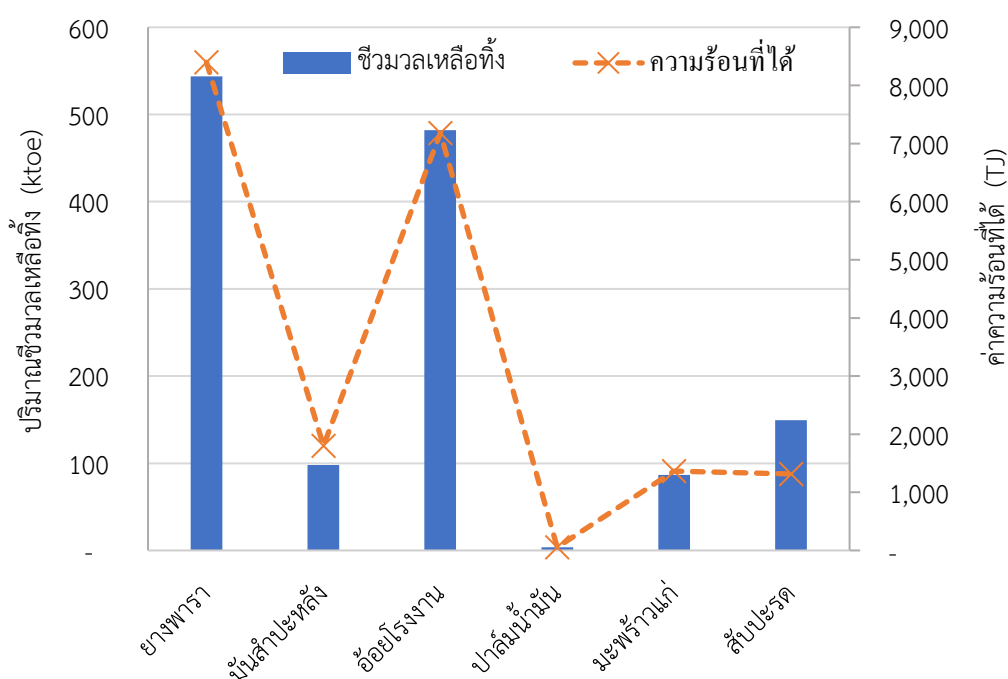


ภาพที่ 3 สัดส่วนชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีประจำปี 2563/2564

4.4 ศักยภาพพลังงานชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี

จากพื้นที่เพาะปลูกในจังหวัดชลบุรีพืชที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดคือ ยางพารา และยังเป็นชีวมวลเหลือทิ้งที่มีปริมาณที่สุด ในส่วนมันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน มะพร้าวแก่ สับประรด แสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งไม่เท่ากัน บางชนิดไม่มีชีวมวลเหลือทิ้ง นั่นก็คือ การทำนาข้าว จากการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนต่ำ ค่าค่าความชื้น ของชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ค่าความชื้นถือเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการแปลงชีวมวลเป็นพลังงานความร้อน เมื่อชีวมวลใดมีค่าความชื้นมากยิ่งทำให้ชีวมวลนั้นมีค่าความร้อนต่ำ จากผลการวิเคราะห์ ค่าความชื้นของชีวมวลจากเหง้าสับประรดมีค่ามากถึงอัตราร้อยละ 63.20 และ ก้านทางใบมะพร้าว มีค่าความชื้นอัตราร้อยละ 38.83 ซึ่งจะทำให้ต้องสูญเสียพลังงานในการเปลี่ยนรูปพลังงาน เนื่องจากต้องใช้ความร้อนในการทำให้ความชื้นลดลงเท่ากับ 0 ดังนั้นความชื้นเริ่มต้นของชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกชนิดของชีวมวลกลับมาใช้ประโยชน์ หรือการลดความชื้นเพื่อเพิ่มศักยภาพทางด้านความร้อน ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน พบว่ายอดและใบมันสำปะหลังมีค่าความร้อนต่ำสุดถึง

1,802.46 เทระจูล แต่เมื่อเทียบกับปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งค่าความร้อนต่ำของยางพารากลับมีค่ามากที่สุดถึง 8,397 เทระจูล รองลงมาคือ อ้อยซึ่งมีค่าความร้อนต่ำ 7,181 เทระจูล ดังภาพที่ 4 ในส่วนชีวมวลจากสับปะรดค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชีวมวลประเภทอื่นที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณชีวมวลเหลือทิ้ง เนื่องจากค่าความชื้นของสับปะรดมีค่าสูงทำให้ค่าความร้อนต่ำมีค่าน้อย ส่งผลต่อค่าความร้อนที่ได้มีค่าน้อยลงตามไปด้วย จากการเรียงลำดับพื้นที่การเพาะปลูกจากมากไปหาน้อย พบว่ามันสำปะหลังซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกมากแต่กับมีชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรน้อย อีกทั้งยังมีค่าพลังงานความร้อนต่ำที่สูงที่สุด แต่ค่าความร้อนที่ได้เมื่อเทียบกับปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งที่มีน้อยจึงทำให้มีค่าลดลงตามไปด้วย



ภาพที่ 4 ปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรและค่าพลังงานความร้อนที่ได้

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลจากการสำรวจปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี พบว่า จังหวัดชลบุรีมีพื้นที่จำนวนทั้งสิ้น 2,882,393.125 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.90 ของพื้นที่ประเทศไทย (พื้นที่ของประเทศไทยประมาณ 320,696,875 ไร่) และมีการใช้พื้นที่ด้านเกษตรกรรมในระดับจังหวัดทั้งสิ้น 802,904.188 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 27.86 ของพื้นที่จังหวัดชลบุรีทั้ง 11 อำเภอ แต่ในภาคเกษตรกรรมมีการใช้สัดส่วนพื้นที่ทางการเกษตรเพียง 10 อำเภอ เนื่องจากอำเภอเกาะสีชังไม่มีศักยภาพด้านภูมิศาสตร์เพียงพอในการทำเกษตรกรรมการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจขนาดใหญ่ พบปัญหา

เรื่องปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอ และยังต้องซื้อน้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภคใช้ภายในเกาะ ซึ่งต่างจากอำเภออื่นๆในจังหวัดชลบุรีที่มีสัดส่วนการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 9 ชนิดทั้งสิ้น 777,579.4 ไร่ พบสัดส่วนการใช้พื้นที่ด้านการเพาะปลูกยางพารามากที่สุดคือ 236,347 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.44 ของพื้นที่ มีส่วนเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกได้เช่น ใบยางพาราเหลือทิ้งในปริมาณ 118,173.5 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 6.02 ของปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนสูงถึง 4,310 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม หรือและกิ่งก้านยางพารามีปริมาณเหลือทิ้งในปริมาณ 425,424.6 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 21.68 ของปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนสูงถึง 3,910 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม พบมากในอำเภอบ่อทอง รองลงมามีการใช้พื้นที่ด้านการเพาะปลูกมันสำปะหลังเป็นลำดับที่สองรองจากยางพาราในสัดส่วนพื้นที่ 153,018 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.06 ของพื้นที่ มีส่วนเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกเช่น ยอดและใบมันสำปะหลัง มีปริมาณเหลือทิ้งในปริมาณ 97,424.6 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.99 ของปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนสูงถึง 4,740 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม พบมากในอำเภอบางละมุง และถัดมาจะเป็นการใช้สัดส่วนพื้นที่ด้านการเพาะปลูกอ้อย 123,478.4 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของพื้นที่ มีส่วนเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกได้เช่น ยอดและใบอ้อยเหลือทิ้งในปริมาณ 493,912 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 25.17 ของปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนสูงถึง 3,870 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม พบมากในอำเภอบ้านบึง

จะเห็นได้ว่าจังหวัดชลบุรีมีชีวมวลเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกยางพารามากที่สุด แต่ยอดและใบมันสำปะหลังก็มีค่าความร้อนที่สูงเช่นกัน ดังนั้นการนำชีวมวลจากยางพารามาใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนจึงเป็นแนวทางด้านการบริหารจัดการพลังงานภายในจังหวัดชลบุรี อีกทั้งยังมีชีวมวลจากการเพาะปลูกอ้อยที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกไม่มาก แต่มีศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรมากกว่ามันสำปะหลังที่ใช้สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า โดยจากการศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีนี้นอกจากจะทำให้ทราบปริมาณชีวมวลจากการเพาะปลูกแล้วยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปพยากรณ์ วางแผนการเพาะปลูกในปีถัดไป รวมไปถึงจนถึงแนวทางการจัดการพลังงานในด้านอื่นๆได้อีกมากมาย เช่น การนำไปเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบของถ่านอัดแท่งหรือก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อลดต้นทุนด้านการจัดหาวัตถุดิบของถ่านอัดแท่งหรือก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ในอนาคตสำหรับผู้ที่ต้องการนำชุดข้อมูลที่ได้ไปใช้ไปใช้ประกอบการพิจารณาและวางแผนแนวทางการจัดการวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตภายในไร่ให้กับเกษตรกรในจังหวัดชลบุรี หรือพื้นที่อื่นๆได้อีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

จากที่ได้มีการส่งเสริมประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 10 ปี และมีการกำหนดแผนการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เบื้องต้น จะมีการดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล ดังนั้น การศึกษาศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี อาจเป็นอีกแนวทางการศึกษาหนึ่งที่สามารถขยายผลไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทอื่น ๆ เช่น มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน สับปะรดต่อไปได้ในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ว่าราชการจังหวัดชลบุรี สำนักงานเกษตรจังหวัด สำนักงานเกษตรอำเภอ ทั้ง 11 อำเภอ ที่ให้การอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลประกอบงานวิจัยและการประสานงานการเข้าพื้นที่และสำรวจข้อมูลชีวมวลในจังหวัดชลบุรี และขอขอบคุณ คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่เป็นต้นสังกัดในการให้มาได้มาซึ่งทุนสถานที่ทำวิจัย และความรู้ในการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- ไกววัล กล้าแข็ง. (2551). **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมันสำปะหลัง** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร.
- จิรวัดน์ เทอดพิทักษ์พงษ์, รณยุทธ สัตยานิคม, พรทิพย์ เกตุมา, และคณะ. (2551). **คู่มือการจัดการไร่อ้อยอย่างยั่งยืน** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
- ดิณณภพ สันทัดคำ และมาลี สันติคุณาภรณ์. (2661). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ภายใต้คลื่นไมโครเวฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 26(6), 1042-1047.
- ธีระพงศ์ จันทนิยม. (2562). **คู่มือเกษตรกรการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 4). สงขลา: ห้างหุ้นส่วนสามัญ หาดใหญ่ ดิจิตอล พรินท์.
- นิติพงศ์ ปานกลาง, สมชาย เปียนสูงเนิน และ บุญยัง ปลั่งกลาง. (ม.ป.ป.). ไบโอดีเซล พลังงานจากน้ำมันพืชใช้แล้ว. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี**, 5(10), 82-86.

- นพดล โพธิ์ก่าเหน็ด, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ และณิชา ประสงค์จันทร์. (2563). ศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียอินทรีย์จากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม จากแหล่งเทศบาลเมืองเขารูปช้าง โดยการใช้การหมักแบบกะ. **วารสารวิจัย UTK ราชมงคล กรุงเทพฯ**, 14(2), 106-127.
- พุดชาติ คิดหาทาง, วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ และอัจฉริยา สุริยะวงศ์. (2557). การศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย, **วารสารวิจัยพลังงาน**, 11(1), 63-75.
- ภัทราณี นาคคงคำ, พิสิษฐ์ มณีโชติ และศิรินุช จินดารักษ์. (2558). การศึกษาศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ตำบลข่อยสูง อำเภอตรอน จังหวัดอุดรธานี, การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8 สถานที่จัดประชุม, 139-142.
- วัชรกร ใจตรง และมนตรี วงศ์ศิริวิทยา. (2561). ผลการเผาไหม้ชีวมวลโดยตรงในเตาเผาเชื้อเพลิงระบบหัวเผาจากการอัดอากาศ ของพัดลมหอยโข่ง, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 21(3)191-198.
- วิจิตยา รัชศรี, ณัฐกานต์ แก้วยานะ และพฤกษ์ อักกะรังสี. (2561). การพัฒนาการผลิตก๊าซมีเทนจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมโลหะไอออน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Thai Science and Technology Journal (TSTJ)**, 28(4), 706-716.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2563). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2564, จาก http://www.oae.go.th/download/document_tendency/journalofecon2558.pdf
- อาทิตยา ปาปะไพ, พรธิดา บุญทา, เมทินี เสาสสมภพ และชัชญาภา เกตุวงศ์. (2563). การผลิตเอทานอลจากการหมัก. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม**, 31-41.
- Pattaraanong, K., Warunee, T., Adisak, N., & Somchart, S. (2021). Assessment of seasonal Availability and Spatial Distribution of Bio-feedstock for Power Generation in Thailand, **BioEnergy Research**, 70-90. Doi: 10.1007/s12155-020-10168-x